幸福河框架下黄河流域社会发展系统演变特征初探

张金良，金鑫*，严登明，崔长勇

（黄河勘测规划设计研究院有限公司，郑州， 450003）

摘要：黄河流域生态保护与高质量发展已经上升为国家重大战略，黄河流域社会发展是影响黄河治理与保护的主要因素之一，辨析黄河流域社会发展规律并给出应对策略成为亟待解决的科学问题。本文从人口特征、居民生活质量、经济增长水平、地区产业结构等4个角度，选取12个社会经济特征指标，通过熵权法计算得到社会发展指数（Social development index，SDI），定量分析黄河流域近40年的社会发展演变特征。研究表明黄河流域近40年的社会发展指数整体呈现“下降-平稳-上升”的变化趋势，特别是在2012年以后，随着经济转型的日渐成熟，黄河流域社会发展整体向好。

关键词：幸福河；黄河流域；社会发展系统；演变特征

中图分类号：TV213　　　　**文献标识码：**A

1 引言

新时期，“让黄河成为造福人民的幸福河”的伟大号召[1]引发治河工作者对黄河治理保护的思考与研究。当前黄河治理的主要矛盾发生了重大变化，“幸福河”内涵和要求也发生了深刻转变。主观感受的“幸福”与客观存在的“河流”的有机结合，是贯彻落实人水和谐理念的重要载体与着力点。因此，正确认识并处理好经济社会发展与水资源、水生态、水环境保护的关系，坚持以水定城、以水定地、以水定人、以水定产，合理规划黄河流域人口、城市和产业发展[2]成为幸福河建设的重要课题。

近年来，黄河流域中心城市和中原等城市群正加快推进建设，但流域社会经济仍面临着发展不充分的巨大压力，涉及集中连片特困地区较多，传统产业转型升级滞后，幸福河建设进程发展水平受到严重制约。因此，从黄河流域系统角度去认清沿黄地区社会经济发展现状，可为幸福河建设提供宏观客观的参考依据。

当前已有的对经济社会发展研究中，一方面多以全国、城市发展群、行政区域为研究尺度。2018年胡健等在“一带一路”研究专题中，对丝路沿线国家的经济社会发展水平进行了研究评价[3]；刘思宇从创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念出发，构建了新时期皖江城市带经济社会发展水平评价指标体系[4]；张锐等则对少数民族地区的经济社会发展现状与相关政策进行分析研究[5]等。再一方面研究以经济社会发展某一指标或某类指标的特征演变影响及相关性分析居多。如朱震葆提出，人口密度与经济社会发展呈现正相关、不同步的规律[6]；孟斌等依据显著性差异和冗余信息剔除原则，建立了经济社会发展评价指标筛选模型[7]；郑覃通过对夜晚灯光指数的长时序数据与多项经济社会指标进行回归性分析，实现对全国经济社会活动的时空动态监测[8]等。此外，在流域研究尺度上，内容涉及流域环境-经济-社会耦合协调发展[9]、流域经济社会发展与水环境质量的协调发展分析[10-12]等。

就黄河流域而言，张会言等结合国家各项重大发展战略和流域资源禀赋特点，提出今

本文系中国工程院咨询研究项目（项目编号：2019-XZ-65）的研究成果之一。

后一定时期主要经济社会发展主要指标[13]。目前相关的研究方法也逐步由定性转为定量，由物理转向信息，由局部转向系统。2019年，黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略，如何从战略高度、系统角度为重大国家战略提供科学支撑，迫切需要开展系整体性、针对性、多学科交叉的深入研究。

社会经济发展指标能够反映流域居民特征、衡量居民福祉，综合表征流域经济发展现状和增长活力，是流域社会发展研究中不可或缺的内容。本研究从人口特征、居民生活质量、经济增长水平、地区产业结构等4个角度，选取12个社会经济特征指标，通过熵权法计算得到社会发展指数（SDI），定量分析黄河流域近40年的社会发展演变特征。旨在较为客观全面地把握流域系统社会经济发展的规模与现状，为有关地区和部门制定流域经济发展战略提供合理有效的决策依据，以更好地支撑幸福河建设的实践，服务黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略。

2 流域概况

黄河流域位于东经95° 53′ ～119° 05′ ，北纬32° 10′ ～41° 50′ 之间，西起巴颜喀拉山，东临渤海，北抵阴山，南达秦岭，横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原等四个地貌单元。黄河是我国的第二大河，发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓海拔4500 m的约古宗列盆地，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等9省（区），在山东省垦利县注入渤海，干流河道全长5464km，流域面积79.5万km2。黄河流域大部分位于我国中西部地区，经济社会发展相对滞后，与东部地区相比存在着明显的差距。流域土地资源、矿产资源特别是能源资源十分丰富，在全国占有极其重要的地位。近年来，随着西部大开发、中部崛起等战略的实施，国家经济政策向中西部倾斜，黄河流域经济社会得到快速发展。

3 数据与方法

3.1 数据来源

本文所需原始数据来源于沿黄各地区近40年统计年鉴及统计公报、各省统计局官方网站、中国水资源公报、卫星影像及国家地理数据中心。对部分缺失或不合理的原始数据运用内插法进行修正，对前后口径不统一的数据进行换算。社会经济系统评价体系各指标如下表1所示。

表1 社会经济系统评价指标说明

序号	指标名称	单位	含义	数据来源
1	人口数量	万人	在调查区域内经常居住的人口	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
2	城镇化率	%	农村人口转化为城镇人口的过程（人口学）	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
3	城镇居民人均 可支配收入	元	居民家庭全部现金收入能用于安排家庭日常生活的那部分收入。 人均可支配收入=（家庭总收入-交纳的所得税-个人交纳的社会保障支出-记账补贴）/家庭人口	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴

序号	指标名称	单位	含义	数据来源
4	人均公园绿地面积	m^2/人	城市中每个居民平均占有公共绿地的面积。 人均公园绿地面积=公园绿地面积/城市人口数量	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
5	GDP 增长率	%	增长率是指一个时期到下一个时期百分比的纵向变动。国内生产总值（GDP）增长率是指 GDP 的年度增长率。 GDP 增长率=（本期 GDP-上期 GDP）/上期 GDP * 100%	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
6	人均 GDP	元/人	一个国家或地区，在核算期内（通常为一年）实现的生产总值与所属范围内的常住人口的比值。 人均国内生产总值=GDP 总额/总人口	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
7	第三产占比	%	第三产业生产总值占 GDP 比重。 第三产业占比=（第三产业 GDP）/GDP*100%	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
8	灌区面积	千公顷	地块比较平整，有一定水源、灌溉设施配套，在一般年景下当年能进行正常灌溉的农田面积，为能进行正常灌溉的水田和旱地中水浇地面积之和	各省统计局官方网站 近四十年统计年鉴
9	夜晚灯光指数	—	该地区夜间平均灯光强度。 取值范围为 0～63	DMSP 卫星传感器
10	耗水率	%	用水消耗量占用水量地百分比	《中国水资源公报》
11	流域用水总量	亿 m^3	一定区域和期限内可以开发利用的地表水、地下水以及区域外调入水量的总和	《中国水资源公报》
12	万元工业增加值用水量	m^3/万元	在一定的计量时间内，实现一万元工业增加值的取用水量。 万元工业增加值用水量=项目年耗水量/项目工业增加值	《中国水资源公报》

（1）人口数量（常住人口）的统计便于进行行政管理、制订社会经济发展计划。

（2）城镇化率反映了随着该地区社会生产力的发展、科学技术的进步以及产业结构的调整，其社会由以农业为主的传统乡村型社会向以工业（第二产业）和服务业（第三产业）等非农产业为主的现代城市型社会逐渐转变的历史过程。

（3）城镇居民人均可支配收入是用以衡量城市居民收入水平和生活水平的最重要和最常用的指标。

（4）人均公园绿地面积反映城市居民生活环境和生活质量。《国务院关于加强城市建设的通知》中要求：到2005年，全国城市规划人均公共绿地面积达到8平方米以上；到2010年，人均公共绿地面积达到10平方米以上。

（5）GDP增长率反映了一国（或地区）一个时期到下一个时期的经济实力和市场规模的纵向变动。

（6）相对于GDP，人均GDP具有社会公平和平等的含义，是提高居民人均收入水平、生活水平的重要参照指标。

（7)第三产业占比的增加意味着经济发展由工业主导型经济向服务主导型经济转变，这种趋势将对经济增长、就业以及各个方面带来深远而持久的影响。

（8）灌区面积是衡量农业生产单位和地区水利化程度和农业生产稳定程度的指标。

（9）夜晚灯光指数一定程度上反映了地区人民富裕程度。

（10）耗水过程是流域水资源循环过程的一个重要环节，耗水率反映了一个国家或地区用水水平的重要特征指标。

（11）流域用水总量的控制能促进加强流域水资源合理开发利用，解决水资源供需矛盾。

（12）万元工业增加值用水量反映的是一个国家（地区）在一定期时期内所生产的和提供的全部最终产品和服务的市场价值的总和，同时也反映了生产单位或部门对国内生产总值的贡献。

3.2 分析方法

（1）社会发展指数（SDI）

本研究采用张金良团队研究成果中关于可能度函数的新型信息熵算法《一种用于流域系统发展质量综合评估的新型理论方法——以黄河流域为例》得到相关指标的年度熵值，再利用熵权法计算社会发展系统熵。在此基础上，基于社会发展系统熵结果定义环境发展指数（Social Development Index，SDI）。

① 熵权计算 信息熵是信息量和不确定性的度量，某一指标带来的信息量越大，熵值越低，不确定性就越低，也就可以赋予其较大的权重。利用这种方法计算指标权重更为科学，避免了不同专家主观判断权重带来的差异。熵权法更大的意义在于，随着各指标信息熵值的变化，每个指标在系统中的权重也随之变化，这些指标相互作用，动态互动，就可以实时监测指标在系统中的重要性的变化，对系统指标的综合评价提供依据，与传统恒定人为赋权相比，具有一定的动态性和系统性。

基于每个指标i(i=1,2,…,N)的信息熵值 ，其权重（用ω_i表示）用公式（1）求得：

$$\omega_i = \frac{1-S_i}{N-\sum_{i=1}^{N} S_i} \tag{1}$$

利用各指标的熵值和权重，经过加权求和，可以计算得出此河流的系统总熵，如公式（2）所示：

$$S_{sys} = \sum_{i=1}^{N} \omega_i * S_i \tag{2}$$

② 社会发展指数 社会发展指数（Social Development Index，SDI）是流域发展指数体系的重要指标，是社会发展子系统作为流域巨系统有机组成的关键内核之一。SDI从社会发展角度，量化研究人口特征、居民生活质量、经济增长水平、地区产业结构等相关因素，是基于系统理论和熵权分析得到的用于评价流域社会发展的综合性指标。本研究采用熵权法对12项黄河流域社会发展子系统指标进行加权求和，得到系统熵值，即SDI值，用来评价流域社会发展演变状况。SDI计算公式如下：

$$\mathrm{SDI}=\left[1-\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}\mathrm{S}_{\mathrm{i}}*\omega_{\mathrm{i}}\right]*100 \qquad (3)$$

式中，n 为 SDI 下辖指标的个数，S_i 为各指标熵值，ω_i 为指标对应的熵权。

（2）三次样条函数法

三次样条函数法是指将实测点坐标光滑连接，得到平顺趋势曲线的方法，最早是放样工人用细长的木样条和亚铁在放样台上连接起来得到的具有一定光滑度的函数曲线。此后，三次样条函数插值法被用到越来越多的行业进行离散点拟合。例如，与多尺度有效单元法（MSFEM）[14]结合得到一种新的方法（三次样条多尺度有限单元法，MSFEM-C）来描述非均值介质中的地下水流动，既保留了有效单元法的高效性，又能保证基函数一阶导数的连续性，从而取得连续水头的一阶导数。基本计算方程方法如下。

已有实测点x，y坐标，在原测量点处仍保持原测量值，曲线内所有测点（除两端点外）的一阶导数和二阶导数连续，如下式所示：

$$S_i^{'}(x_{i-0})=S_{i+1}^{'}(x_{i+0}) \qquad (4)$$

$$S_i^{''}(x_{i-0})=S_{i+1}^{''}(x_{i+0}) \qquad (5)$$

i=2,3,…,n-1

将原测点的函数值、一阶导数、二阶导数求出后，根据需要，可以在两测量点之间插值计算无限个的函数值、一阶导数和二阶导数。

给定一个区间（闭合区间）为[a,b],共有n个测点（n-1段），即：a=x1<x2<x3<…<xn-1<xn=b，其内部的三次样条函数为Sp(∀, 3)，其中∀为闭合区间[a,b]。三次样条插值函数有三种类型，一般在曲线拟合时，以类型一较为多见，也较为常用。约束条件如下：

内点条件：

$$S(x)\in S_p(\forall,3) \qquad (6)$$

$$S(x_i)=y_i \qquad (7)$$

i=2,3,…,n-1

边界条件：

$$S(x_i)=y_i \qquad (8)$$

$$S^{'}(x_i)=y_i^{'} \qquad (9)$$

i=1,n

三次样条函数的形式如下：

$$S_i(x)=a_{0,i}+a_{1,i}x+a_{2,i}x^2+a_{3,i}x^3 \qquad (10)$$

i=2,3,…,n-1

可见，三次样条函数法可保证插值曲线曲率（近似于曲线的二阶导数）线性变化，从而防止曲线发生突变，造成插值的不确定性。

（3）Mann-Kendall 非参数趋势检验法

Mann-Kendall方法主要用于时间序列下的环境数据和水文气象资料的趋势性分析[15]和突变性检验。

具体方法如下：

时间序列x_1，x_2，…x_n，n=1，2，…，为样本量。构建已知序列：

$$S_k = \sum_{i=1}^{k} r_i (k = 1, 2, \ldots n) \tag{11}$$

式中，当 $x_i > x_j$ 时，r_i=+1，当 $x_i < x_j$ 时，r_i=0（j = 1，2，…，i）

在时间序列的独立假设下，定义统计量为

$$UK_k = \frac{[S_k - S_K]}{\sqrt{Var(S_k)}} (k = 1, 2, \cdots, n) \tag{12}$$

式中，UF_i为标准正态分布，在给定显著性水平α的情况下，若$|UF_i| > \alpha$，则说明序列具有明显的趋势性变化。以时间逆序列x_n，x_{n-1}，…x_1，再次重复上述计算，可得到$UK_k=-UB_k$(k=n, n-1, …，1)，UB1=0分别绘出UK_k和UB_k曲线，当UK_k或UB_k的值大于0，则表明序列为上升趋势，小于0则是下降趋势。当UK_k或UB_k的值超过临界值则说明序列上升或下降的趋势十分显著。如果两条曲线出现交点，且交点位于临界值之间，则说明对应的交点处为突变的开始时间。需要说明的是，在某些情况下，交点数可能不止一个，因此需要借助别的方法进一步确定突变时间。

（4）最大熵谱分析法

最大熵谱分析法[16]是在最大熵的原理基础上进行的谱分析，并没有任何额外的信息干扰，物理基础很牢靠，所以所得结果合理自然，准确性较高，且计算简单便捷。克服了传动谱分析的分辨率低、自相关函数最大时滞的主观选择、展演数据的不现实假定等不足，具有频谱短且光滑，分辨率高等独特优势，提前的主次周期更符合实际。

以Burg算法为基础建立自回归模型。设变量x，建立关于x的自回归模型：在Burg算法中，计算谱估计中的参数直接用时间序列就可以，不用提前算出自相关系数，这也使得自相关系数时滞主观选择弥补了在功率谱分析中的不足。

$$x_t = a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \cdots + a_k x_{t-k} + \varepsilon_t \tag{13}$$

假设均值为0，k阶预报误差的 （k=1, 2, …，n-1），相应系数为 ，可由下面的推导公式求得：

$$\begin{cases} a_{k,k} = \dfrac{2\sum\limits_{i=k+1}^{n}(x_t - \sum\limits_{j=1}^{k-1} a_{k-1,} x_{t-j})(x_{t-k} - \sum\limits_{j=1}^{k-1} a_{k-1,} x_{t-k+j})}{\sum\limits_{t=k+1}^{n}\left[(x_t - \sum\limits_{j=1}^{k-1} a_{k-1,} x_{t-j})^2 + (x_{t-k} - \sum\limits_{j=1}^{k-1} a_{k-1,} x_{t-k+j})^2\right]} \\ a_{k,j} = a_{k-1,j} - a_{k,k} a_{k-1,k-j}, \sigma_k^2 = (1 - a_{k,k}^2)\sigma_{k-1}^2 \end{cases} \tag{14}$$

其中，

$$a_{1,1} = 2\sum_{t=1}^{n-1} x_t x_{t+1} \Big/ \sum_{t=1}^{n-1}(x_t^2 + x_{t+1}^2), \sigma_0^2 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} x_t^2 \tag{15}$$

在Burg算法中，计算谱估计中的参数直接用时间序列就可以，不用提前算出自相关系数，这也使得自相关系数时滞主观选择弥补了在功率谱分析中的不足。

最大熵谱为：

$$S_E(l)=\frac{\sigma_{k_0}^2}{\left[1-\sum_{k=1}^{k_0}ak_0,k\cos(\frac{\pi lk}{m})\right]^2+\left[\sum_{k=1}^{k_0}ak_0,k\sin(\frac{\pi lk}{m})\right]^2} \tag{16}$$

式中，k_0为自回归模型阶数，可由最终预测误差（FPE)确定：

$$FPE=(k)=\frac{n+k}{n-k}\sigma_k^2 \tag{17}$$

k最小时即为自回归模型的最佳阶数。

4 结果分析

4.1 SDI变化规律分析

（1）趋势性分析

图1为黄河流域40年逐年SDI值与三次样条拟合曲线。从图中可以看出三次样条插值曲线与逐年SDI值拟合较好，可以直观的反应出黄河流域40年来SDI值变化趋势。通过对黄河流域1980～2019年SDI值进行统计分析可知，黄河流域40年的平均SDI值为63.9，SDI系列极大值为2019年的71.4，极小值为1995年的56.4。图中的线性趋势线表明，黄河流域1980～2019年的SDI整体上呈现出“减少-平稳-增加”的趋势，在1980～1995年，下降趋势明显，每年平均下降0.66，1996～2011年，进入相对平稳状态，SDI值在61.6附近波动，在2012～2019年，有明显的上升趋势，每年平均上升1.4。

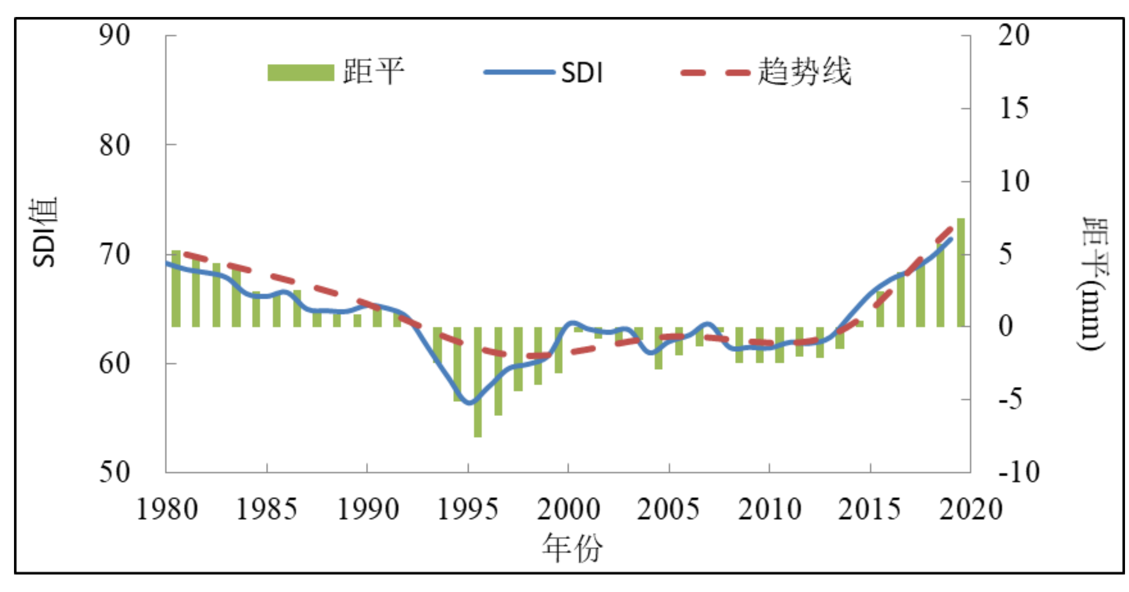


图 1 黄河流域 SDI 值趋势性变化分析

（2）突变性分析

采用Mann-Kendall法对SDI进行突变点检验分析，图2为黄河流域社会发展指数（SDI）的MK曲线。UF和UB曲线大部分不在置信区间之内，表明黄河流域SDI的变化趋势突变性不明显。

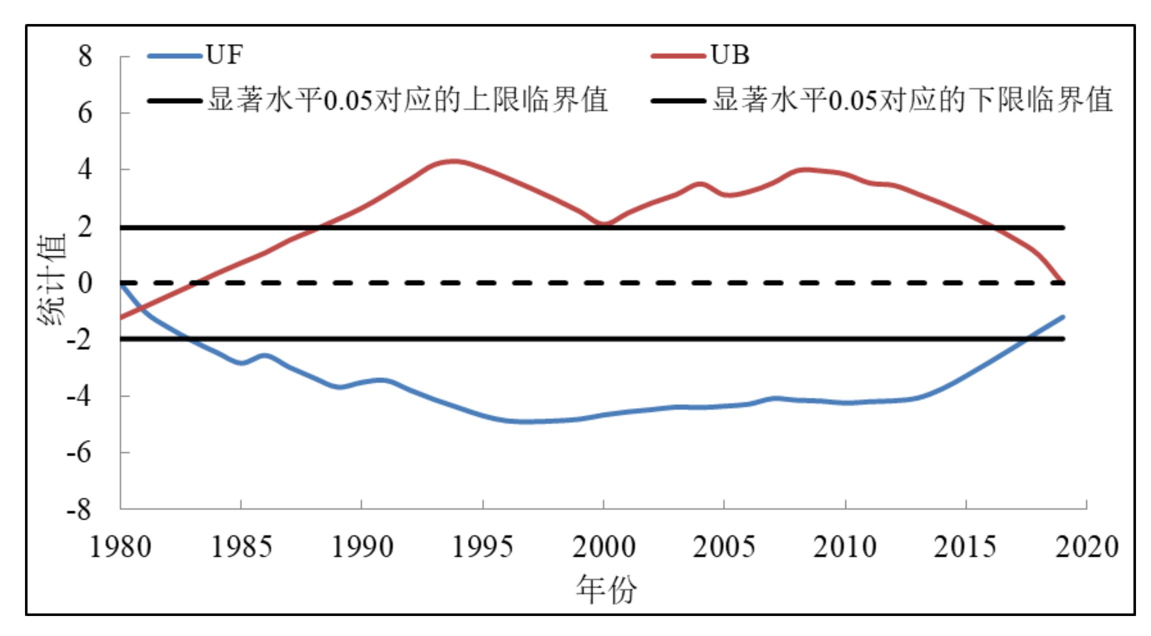


图 2 黄河流域 SDI 值突变性分析

（3）周期性分析

采用最大熵谱分析法对黄河流域SDI值进行周期性分析。根据最大熵谱分析法对黄河流域1980～2019年SDI值进行周期提取。从图3中可以看出在40年的时间序列中出现了两个明显峰值，其中SE(11.5)=1.4，可以判断出流域社会发展子系统在12年左右会出现短周期时间尺度上变化；另一个峰值SE(26)=7.485，可以判断社会发展子系统在26年左右会出现长时间尺度上的变化，但从总体来看振荡周期并不明显。

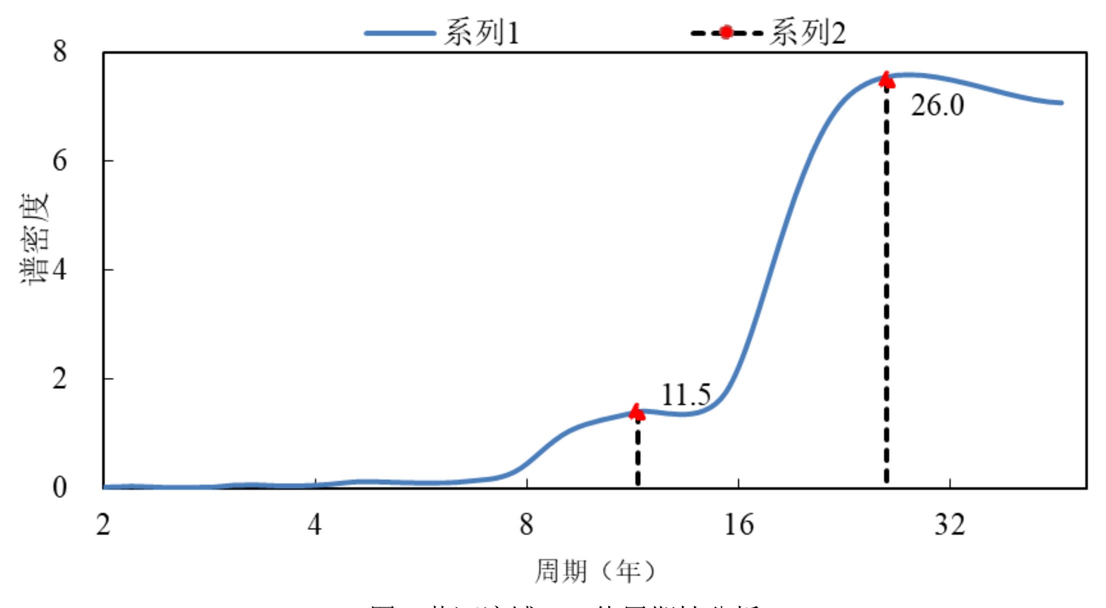


图 3 黄河流域 SDI 值周期性分析

黄河流域社会经济发展趋势性、突变性、周期性分析结果表明，在过去40年，黄河流域社会经济发展整体处于良好状况，并且向趋好方向发展。通过定量分析，可以将过去四十年的社会经济发展分为三个阶段。第一阶段是1980～1995年，属于震荡发展期，社会经济发展在良好水平状态下呈现震荡式发展；第二阶段是1996～2011年，属于平稳发展期，社会经济发展呈现良好发展态势；第三阶段是2012～2019年是快速发展期，社会经济发展

呈现良好快速发展态势。

4.2 敏感性分析

图4为黄河流域SDI各项指标熵权计算结果。从多年平均熵权上看，各指标熵权差异较为明显，其中，熵权前三的指标有流域人均GDP与全国平均值比率、人均公园绿地面积以及居民平均收入，熵权值分别为0.098、0.090、0.089。熵权最小的三个指标分别是流域用水总量、 GDP增长率以及万元工业增加值用水量，熵权值分别为0.081、0.068、0.056。

从熵权年际变化上看，居民平均收入、人均公园绿地面积熵权值、第三产比例、万元工业值用水量呈现明显增加趋势；人口数量、灌区面积、流域人均GDP与全国平均值的比率、夜晚灯光指数呈现减少趋势；GDP增长率、耗水率、流域用水总量与SDI值变化保持一致。

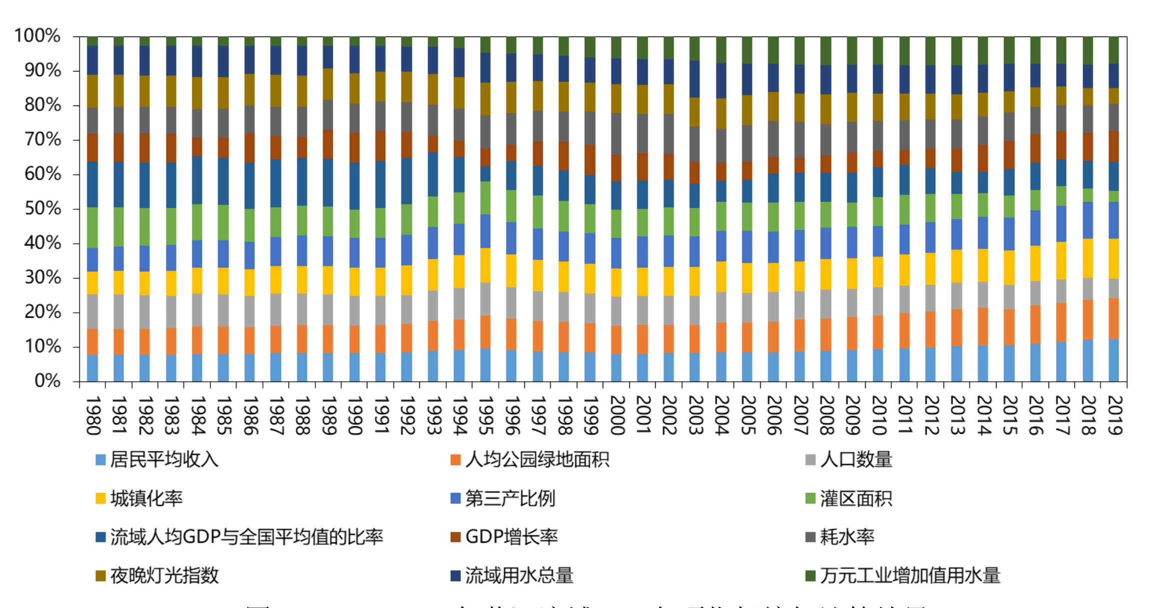


图 4 1980～2019 年黄河流域 SDI 各项指标熵权计算结果

根据黄河流域社会经济发展各因子的熵权计算结果，分析不同阶段社会经济发展系统各指标的敏感性。

第一阶段：对社会经济系统贡献前三的指标有流域人均GDP与全国平均值的比率、灌区面积以及人口数量，是社会经济发展的敏感因子。经分析可知，该时期的SDI值为65.5，黄河流域社会经济系统处于较为良好的状态。在这个阶段属于粗放式发展时期，以追求GDP增长、人口数量以及农业发展为目标。1978年“把全党工作的着重点和全国人民的注意力转移到社会主义现代化建设上来”理念的提出正式拉开了我国改革开放的序幕，之后全党全社会“一心一意谋发展，专心致志搞建设”；此后，1987年社会主义初级阶段基本路线中提出，要以经济建设为中心，进一步将经济社会发展问题提升至“中心”地位[17]，全国经济建设热情空前高涨。

第二阶段：对社会经济系统贡献前三的指标有耗水率、第三产业比例以及人均公园绿地面积，是社会经济发展的敏感因子。经分析可知，该时期的SDI值为61.6，黄河流域社会经济系统处于一般良好的状态。在这个阶段，经济发展面临转型，得益于先天的人口优势，中国廉价的劳动力，促使中国制造业在美国主导的全球化分工体系中获得发展机遇。特别是2001年中国加入WTO，国际贸易可以在一个多边、稳定的最惠国待遇原则下进行。在享受其他国家或地区关税削减，市场开放的红利的同时，作为发展中国家，我国还可以享

受一定程度的特殊待遇，该时期我国对外贸易的发展得到充分保护[18]。经过改革开放的前期积累，具备制造业基础，人口红利依然凸显的中国，能更加积极、合理、有效地利用外资创造难得的机遇，包括外资投资主体的增加，外资利用范围的扩大等[19]。

第三阶段：对社会经济系统贡献前三的指标有居民平均收入、人均公园绿地面积以及城镇化率，是社会经济发展的敏感因子。经分析可知，该时期的SDI值为66.6，黄河流域社会经济系统处于较高良好的状态。在这个阶段，经济发展进入健康的快速发展，人们在物质层面追求富裕，在精神层面追求向城市发展，对幸福的生活充满了向往。特别是党的十八大以来，习近平直面当前经济发展与生态保护之间的矛盾，多次提出生态文明建设，绿色发展道路的理念[20]。在践行生态文明的探索中，习近平生态文明新理念新战略逐渐趋于完善[21]。同时，新型城镇化战略理念在中国社会新的发展阶段被提出[22]，我国在推进新型城镇化方面取得显著进展，在深化供给侧改革和形成强大的国内市场方面发挥了重要作用，促进经济增长潜力不断释放。新时期，人民群众需求发生新的变化，由需求型向发展型、享受型需要转变，社会经济政策紧扣社会主要矛盾，着力解决发展不平衡不充分问题，努力让人民群众获得更持久的幸福感。

表 2 不同阶段社会经济系统各指标权重

年份	1980-1995	1996-2011	2012-2019	1980-2019
居民平均收入	8.23%	8.62%	11.00%	8.94%
人均公园绿地面积	8.13%	8.92%	11.01%	9.02%
人口数量	9.21%	8.50%	7.00%	8.49%
城镇化率	8.00%	8.67%	10.34%	8.73%
第三产比例	8.30%	9.01%	9.78%	8.88%
灌区面积	9.62%	8.33%	5.91%	8.36%
流域人均 GDP 与全国平均值的比率	12.70%	8.11%	7.56%	9.84%
GDP 增长率	7.12%	6.14%	7.67%	6.84%
耗水率	8.44%	9.87%	8.08%	8.94%
夜晚灯光指数	9.14%	8.44%	6.10%	8.25%
流域用水总量	8.20%	8.35%	7.47%	8.11%
万元工业增加值用水量	2.91%	7.04%	8.09%	5.60%

4.3 相关性分析

黄河流域SDI各项指标与系统的相关性分析如表3所示。在第一阶段，各项指标和社会发展系统相关性较好，其中居民平均收入、人均公园绿地面积、城镇化率等6个指标与SDI呈现负相关，导致第一阶段SDI呈现明显下降趋势。在第二阶段，各项指标和社会发展系统相关性较差，呈现明显相关的指标有第三产业比例、耗水率以及万元工业增加值用水量。在第三阶段，各项指标和社会发展系统相关性极高，居民平均收入、人均公园绿地面积、城镇化率、第三产比例、万元工业增加值用水量等负相关指标向正相关发生转变，社会经济发展从无序向有序转化，呈现良好的发展态势。

表 3 1980～2019 年黄河流域 SDI 各指标与相关性分析

年份	1980-1995	1996-2011	2012-2019	1980-2019
居民平均收入	-0.87	0.05	0.99	0.40

年份	1980-1995	1996-2011	2012-2019	1980-2019
人均公园绿地面积	-0.97	0.16	0.97	0.30
人口数量	0.81	0.23	-0.87	0.07
城镇化率	-0.87	-0.25	0.99	0.20
第三产比例	-0.62	0.80	0.98	0.21
灌区面积	0.72	-0.24	-0.93	-0.05
流域人均 GDP 与全国平均值的比率	0.86	0.08	0.81	0.54
GDP 增长率	0.77	0.09	0.87	0.68
耗水率	-0.60	0.78	-0.16	-0.24
夜晚灯光指数	0.92	0.16	-0.99	-0.21
流域用水总量	0.60	0.35	-0.82	0.05
万元工业增加值用水量	-0.79	0.61	0.87	-0.10

5 结论

（1）黄河流域社会发展可以分为3个阶段。第一阶段是1980～1995年，属于震荡发展期，社会经济发展在良好水平状态下呈现震荡式发展；第二阶段是1996～2011年，属于平稳发展期，社会经济发展呈现良好发展态势；第三阶段是2012～2019年是快速发展期，社会经济发展呈现良好快速发展态势。

（2）不同阶段社会经济发展系统敏感因子有明显差异，第一阶段的敏感因子有流域人均GDP与全国平均值的比率、灌区面积以及人口数量；第二阶段的敏感因子有耗水率、第三产业比例以及人均公园绿地面积；第三阶段的敏感因子有居民平均收入、人均公园绿地面积以及城镇化率。

（3）从相关性分析，相关性较强指标从第一阶段的负相关转变第三阶段的正相关，表明黄河流域社会经济发展从无序向有序转化，呈现良好的发展态势。

参考文献：

[1] 习近平.在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话 [EB/OL].(2019-09-18).http://www.gov.cn/xinwen/201910/15 /content_ 5440023. htm.

[2] 陈茂山， 王建平， 乔根平． 关于“幸福河”内涵及评价指标体系的认识与思考[J]． 水利发展研究， 2020(1).

[3] 胡健,张维群,邢方,耿宏强．“一带一路”国家经济社会发展水平测度与评价研究——基于丝路沿线64国指标数据的分析[J].统计与信息论坛,2018,33(06):43-53.

[4] 刘思宇.皖江城市带经济社会发展水平评价指标体系研究——基于五大发展理念的视角[J].农村经济与科技,2018,29(07):212-213.

[5] 张锐,张宝成.少数民族地区经济社会发展的现状及政策分析[J].前沿,2011(07):156-161.

[6] 朱震葆.人口密度与社会经济发展的相关性[J].统计科学与实践,2014(09):8-10.

[7] 孟斌,匡海波,骆嘉琪.基于显著性差异的经济社会发展评价指标筛选模型及应用[J].科研管理,2018,39(11):17-26.

[8] 郑覃. 基于长时序夜光遥感的中国社会经济指标模拟研究[D].吉林大学,2020.

[9] 张雅文. 金沙江流域“环境—经济—社会”耦合协调发展研究[D].重庆工商大学,2018.

[10] 饶清华,林秀珠,李家兵,陈琪,陈文花.流域社会经济与水环境质量耦合协调度分析[J].中国环境科学,2019,39(04):1784-1792.

[11] 后希康,高伟,徐鹏,罗永龙,韦亚南,营娜,周丰.流域社会经济发展对山东省东平湖水环境影响评估及优化调控

[J].湖泊科学,2014,26(02):313-321.
[12] 宋建.喀什噶尔河流域水资源与社会经济发展均衡性分析[J].水利技术监督,2019(05):77-80+151.
[13] 张会言,杨立彬,张新海.黄河流域经济社会发展指标分析[J].人民黄河,2013,35(10):11-13.
[14] 谢一凡,吴吉春,薛禹群,谢春红. 一种模拟节点达西渗透流速的三次样条多尺度有限单元法[J]. 岩土工程学报,2015,09:1727-1732.
[15] 章芳,苏炳凯. 我国北方干旱化趋势的预测[J]. 高原气象,2002,05:479-487.
[16] 赵利红. 水文时间序列周期分析方法的研究[D].河海大学,2007.
[17] 武鹏,胡家勇.改革开放初期我国经济发展理论的探索与革新[J].改革与战略,2020,36(11):17-24.
[18] 蔡玉彬.中国加入世界贸易组织对社会经济影响宏观预测分析[J].社会主义研究,2001(02):84-87.
[19] WTO对中国经济与社会发展的影响[J].领导决策信息,2002(10):4-12.
[20] 邬兰娅,齐振宏.习近平绿色发展理念的历史演进、内涵体系及价值考量[J].社科纵横,2019,34(08):17-22.
[21] 张云飞.习近平生态文明思想话语体系初探[J].探索,2019(04):22-31.
[22] 张鸿雁.中国新型城镇化理论与实践创新[J].社会学研究,2013,28(03):1-14+241.
（通讯作者：金鑫 E-mail: xin.obor@qq.com）

Preliminary study on the evolution characteristics of social development system in the Yellow River Basin under the framework of Happiness River

ZHANG Jinliang，JIN Xin*, YAN Dengming，CUI Changyong

(Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd，Zhengzhou, 450003，China)

Abstract: Ecological conservation and high-quality development of the Yellow River Basin has become a major national strategy. The socio-economic development of the Yellow River Basin is one of the main factors affecting the governance and protection of the Yellow River. It has become a scientific issue to analyze the law of socio-economic development of the Yellow River Basin and give countermeasures. . This paper selects 12 socio-economic characteristic indicators from four perspectives: population characteristics, residents’ quality of life, economic growth level, and regional industrial structure. The social development index (SDI) is calculated by the entropy method, and the Yellow River Basin is quantitatively analyzed in the past 40 years. The research shows that the social development index of the Yellow River Basin in the past 40 years shows a trend of "down stable up", especially after 2012, with the gradual maturity of economic transformation, the social development of the Yellow River Basin is on the whole better.

Key words: Happiness River; Yellow River Basin; Social Development System; Evolution characteristics

作者贡献声明：

张金良：提出研究思路，设计研究方案；
金鑫：采集、清洗和分析数据；
严登明：论文起草；
崔长勇：论文最终版本修订。